



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-159990

(43)Date of publication of application : 21.06.1996

(51)Int.Cl.

G01N 22/04

G01N 22/00

G01N 27/00

G01R 1/067

(21)Application number : 06-329607

(71)Applicant : KAO CORP

(22)Date of filing : 03.12.1994

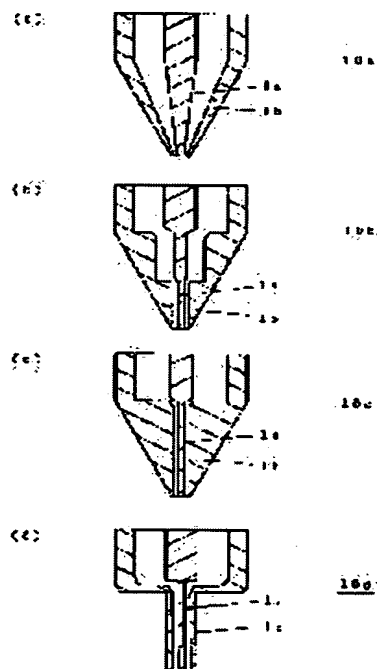
(72)Inventor : NAITO SATOSHI  
HOSHI MASATO  
TOKUDA HAJIME  
MASHITA SATORU

## (54) ELECTRODE FOR MEASURING DIELECTRIC RELAXATION

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To measure the moisture of stratum corneum by measuring the moisture of a desired depth from the outermost layer of a skin when the moisture of a skin surface layer is measured by a dielectric relaxation measuring method such as a time domain reflecting method (TDR method), etc.

**CONSTITUTION:** Electrodes 10a to 10e for measuring the moisture of a skin surface layer by a dielectric relaxation measuring method such as a TDR method, etc., are formed out of a core wire-like internal electrode 1a and an external electrode 1b coaxially arranged via an insulator on the internal electrode. When the end face of the electrode 1a and the end face of the electrode 1b become the contact surfaces of a sample to be measured, the electric length of the electrode is 100 $\mu$ m or less. Thus, it is preferable to reduce the area of the end face of the internal electrode to  $5.7 \times 104\mu\text{m}^2$  or less or to narrow the interval between the internal and the external electrodes to 310 $\mu$ m or less.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3109065

[Date of registration] 14.09.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JP0 and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The electrode characterized by being the electrode for dielectric relaxation measurement with which it consists of a core wire-like internal electrode and an external electrode arranged on the internal electrode in the shape of the same axle through the insulator, and the apical surface of an internal electrode and the apical surface of an external electrode turn into the contact surface over a device under test, and the electric length of an electrode being 100 micrometers or less.

[Claim 2] The electrode for dielectric relaxation measurement according to claim 1 whose electric merit of an electrode is 1 micrometer – 100 micrometers.

[Claim 3] The path of an internal electrode goes to the point of an electrode, and they are continuous or the electrode for dielectric relaxation measurement according to claim 1 or 2 which is thin gradually.

[Claim 4] The electrode for dielectric relaxation measurement according to claim 1 to 3 whose apical surface the apical surface of an internal electrode is circular, or is annular by forming a crevice in a point.

[Claim 5] the area of the apical surface of an internal electrode --  $78\text{micrometer}^2$  --  $5.7 \times 10^4 \text{mum}^2$  it is -- electrode for dielectric relaxation measurement according to claim 4.

[Claim 6] The electrode for dielectric relaxation measurement according to claim 4 whose diameter of the circular apical surface of an internal electrode is 10 micrometers – 270 micrometers.

[Claim 7] The electrode for dielectric relaxation measurement according to claim 1 to 6 whose spacing of the internal electrode and external electrode in an apical surface is 10 micrometers – 310 micrometers.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JP0 and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the electrode used in order to measure dielectric relaxation. When measuring the dielectric relaxation of a skin surface for the purpose of acquiring in more detail the information about the amount of moisture and the condition of water which exist in a skin surface, it is related with a useful electrode.

[0002]

[Description of the Prior Art] Measurement of the moisture of a skin surface is useful to assessment of the property of the skin itself, assessment of the cosmetics or drugs applied to the skin, etc.

[0003] Conventionally, generally as a measuring method of the moisture of a skin surface, the RF impedance method is used. However, since the RF impedance method is not observing the behavior of the water of a skin surface directly, there are many factors which affect measured value in addition to the moisture of a skin surface, and a problem is in repeatability. Moreover, the information acquired by the RF impedance method also has the problem that it is ambiguous what the depth of a thing it is, from a skin front face. Furthermore, by this approach, information about the condition of the water whether to be free water or to be bound water cannot be acquired, either.

[0004] On the other hand, how to measure the dielectric relaxation of the water which exists in a skin surface can be considered. As a measuring method of dielectric relaxation, although there are a frequency-domain measuring method and a time domain reflection method (it abbreviates to the TDR method (Time Domain Reflectometry method) hereafter), the latter measurement technique and research of the application are advanced positively in recent years.

[0005] This TDR method is an approach of impressing the excitation signal (for example, step pulse) of a specific wave to a sample, observing a reflected wave, asking for the complex permittivity of a sample from the phase of each frequency component of that reflected wave, and a strong change, and getting to know the physical properties of a sample based on it. According to this approach, it becomes possible to measure free water and bound water in a sample in un-destroying and quantitatively. For example, what impresses a step pulse to a sample as an excitation signal is proposed by JP,2-110357,A as equipment for the TDR methods, and the application about the water measurement of the living body which used this equipment is indicated (bottom right column of 17 lines of - of ten lines the 7th page of the 4th page top right column of this official report).

[0006] Drawing 9 is the sectional view of the electrode (probe) 1 currently used for the equipment for the TDR methods of JP,2-110357,A. This electrode 1 consists of same axle-like internal electrode 1a and external electrode 1b. Internal electrode 1a is connected to inner conductor 2a of a coaxial cable 2, and external electrode 1b is connected to outer-conductor 2b of a coaxial cable 2. Moreover, this internal electrode 1a and external electrode 1b are inner conductor 2a of a coaxial cable 2, outer-conductor 2b, and a diameter of said, respectively, and the end face which touches each device under test is a flat surface. The old place, the path of an internal electrode is [ the bore of 320 micrometers or more and an external electrode of the magnitude of an electrode like drawing 9 used for measurement of the TDR method ] 1.05mm or more, and the electric length is over 115 micrometers.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, epidermis with a thickness of 100-300 micrometers exists in the front face, and the outermost layer of drum is called the horny layer (10-20 micrometers in thickness) to the skin. Moreover, dermis is under epidermis and subcutaneous tissue

exists in the bottom of it further. For this reason, in order to investigate the effectiveness which cosmetics and drugs exert on the moisture of a skin surface, it is desirable to enable it to perform water measurement of the depth of a request of the skin, and it is necessary to enable it to perform water measurement from an outermost layer of drum or a skin front face to about 100 micrometers at least. However, the water measurement equipment of the conventional TDR method has not shown clearly of which depth of the skin moisture is measured, when it is used for the water measurement of the skin.

[0008] Then, this invention person presumed by the approach which showed the measurement depth at the time of performing the TDR method using an electrode as shown in drawing 9 to the example mentioned later. Consequently, it turned out that it is performing water measurement of the wide range depth of about 180 micrometers from the outermost layer of drum of the skin almost equal to the electric merit of an electrode when the diameter of an internal electrode uses the electrode whose bore of 0.51mm and an external electrode is 1.7mm. Therefore, by the conventional approach, it turned out that the effectiveness which cosmetics and drugs exert on the moisture of a skin surface cannot fully be investigated.

[0009] When this invention tends to solve the technical problem of the above conventional techniques and measurement of dielectric relaxation, such as the TDR method, performs water measurement of a skin surface, it enables it to measure enabling it to measure the moisture of the range of less than 100 micrometers from the outermost layer of drum of the skin, and the moisture of the skin of the depth of further a request, and aims at the ability to be made to perform water measurement of a horny layer.

[0010]

[Means for Solving the Problem] By miniaturizing the point of the electrode used for measurement, the line of electric force between an internal electrode and an external electrode can control by this that the electric merit of an electrode is made to 100 micrometers or less, and the depth which passes through the inside of the skin, and this invention persons came to complete a header and this invention for the ability of the above-mentioned object to be attained.

[0011] That is, it is the electrode for dielectric relaxation measurement with which this invention consists of a core wire-like internal electrode and an external electrode arranged on the internal electrode in the shape of the same axle through the insulator, and the apical surface of an internal electrode and the apical surface of an external electrode turn into the contact surface over a device under test, and the electrode characterized by the electric merit of an electrode being 100 micrometers or less is offered.

[0012] Hereafter, this invention is explained to a detail based on a drawing. In addition, the same sign expresses the same or equivalent component among each drawing.

[0013] This invention is a useful electrode when measuring the dielectric relaxation of the skin surface from a skin front face to a depth of about 100 micrometers for the purpose of acquiring the information about the amount of moisture and the condition of water which exist in a skin surface. Fundamentally, although the structure consists of a core wire-like internal electrode and an external electrode arranged on the internal electrode in the shape of the same axle through the insulator as well as the conventional electrode shown in drawing 9, it is characterized by the electric merit of an electrode being 100 micrometers or less.

[0014] the degree type (1) whose electric merit of an electrode is the relational expression of the electromagnetic wave  $V(\omega)$  and its reflected wave  $R(\omega)$  concerned at the time of preparing the load of complex permittivity  $\epsilon^*(\omega)$  in the end of the transmission line of a coaxial cable etc., and impressing the electromagnetic wave  $V$  of angular frequency  $\omega$  ( $\omega$ ) from the other end, and complex permittivity  $\epsilon^*(\omega)$  of a load here -- setting -- parameter  $\gamma$  \*\*\*\* -- it is contained.

[0015]

[Equation 1]

$$\varepsilon^*(\omega) = \frac{c}{j\omega \cdot \gamma d} \cdot \frac{V(\omega) - R(\omega)}{V(\omega) + R(\omega)} \cdot Z \cot Z \quad (1)$$

(式中、 $c$  = 光速

$j$  = 虚数単位

$\gamma d$  = 電気長

$Z = \omega d \sqrt{\varepsilon^*(\omega)} / c$

$d$  = 伝送路の幾何学長 である。)

This electric merit gammat It can ask by measuring the reflected wave of a well-known standard sample by which complex permittivity  $\varepsilon^*(\omega)$  is known.

[0016] Moreover, electric length is the physical quantity of the electrode proper which becomes settled with the configuration and magnitude of an electrode, and is not dependent on a measuring method. Therefore, also in the measuring method of which dielectric relaxation of a frequency-domain measuring method or a time domain reflection method (the TDR method), the electric length of an electrode is fixed.

[0017] On the other hand, this invention person has relation with electric as close merit as the measurement depth of the device under test at the time of dielectric relaxation measurement, and found out that electric length served as a scale of the measurement depth. For example, when it consists of a surface and two-layer [ lower layer ] and surface thickness measures dielectric relaxation about a sample equal to the electric merit of the electrode used for measurement as shown in the example mentioned later, 63% of all the information (1-e-1) acquired with the electrode is the information from a surface, and 86% is the information from the measurement depth to electric merit's twice.

[0018] Therefore, also in the measuring method of which dielectric relaxation of a frequency-domain measuring method or a time domain reflection method, the electrode of this invention will become useful, in order to measure the surface from a front face to a depth of about 100 micrometers.

[0019] As a concrete mode for setting the electric merit of an electrode to 100 micrometers or less shorter than before in this invention, it is (1), for example. An internal electrode makes small area of the electrode apical surface in contact with a sample, or it is (2). A mode, such as narrowing spacing in the apical surface of an internal electrode and an external electrode, can be raised. In addition, an external electrode can be made into arbitration about another configuration, magnitude, etc., although the bore participates in spacing with an internal electrode.

[0020] Moreover, in order to enable it to measure to accuracy by preventing a multiple echo as much as possible at the time of dielectric relaxation measurement, it is desirable to set constant an impedance with the coaxial cable linked to an electrode and the electrode concerned and the impedance in an electrode, therefore it is desirable in the location of the arbitration of an electrode to set constant the ratio of the path of an internal electrode and the bore of an external electrode. Then, (1) As a desirable mode in the case of making area of the apical surface of an internal electrode small For example, the thing which made small continuously the cross section of internal electrode 1a linked to a coaxial cable, and external electrode 1b toward the point like electrode 10a shown in drawing 1 (a), Like 10d of electrodes shown in electrode 10c or this drawing (d) having shown in electrode 10b shown in this drawing (b), and this drawing (c), what made small gradually the cross section of internal electrode 1a and external electrode 1b toward the point can be raised.

[0021] However, even if it does not take the consistency of an impedance into consideration in a less than 1mm electrode point 10mm especially from the apical surface of an electrode, there is no actual top problem. Therefore, like electrode 10e shown in drawing 2, as an electrode of this invention, it is made only for the point of internal electrode 1a to become thin towards an apical surface, and that which was set constant is sufficient as the bore and outer diameter of external electrode 1b by processing only the point of the inner conductor of a commercial coaxial cable.

[0022] Although the apical surface of the internal electrode of the electrode of above-mentioned this invention is circular, in this invention, the point configuration of an internal electrode is not restricted circularly. As shown in drawing 3, by processing only the point of the inner conductor of a commercial coaxial cable, form a tubed crevice (this drawing (a)) and a cone-like crevice (this drawing (b)) in internal electrode 1a, it is made for an apical surface to become annular, and, thereby, area of an apical surface may be made small.

[0023] Moreover, it can be used directly, without processing it into the inner conductor of a coaxial

cable exceptionally as an electrode of this invention, as long as the electric length is 100 micrometers or less. As such a coaxial cable, the path of an inner conductor can raise the narrow diameter cable which is 10 micrometers – 270 micrometers. When it constitutes the electrode of this invention from a narrow diameter coaxial cable, the electrode of this invention needs the connector section connectable at the head of the usual coaxial cable with a larger path than the electrode. In this case, that to which the path of an internal electrode is changed continuously or gradually is used like the electrode shown in drawing 1 as the connector section.

[0024] It is  $78\text{micrometer}^2 - 5.7 \times 10^4$  which is generally equivalent to the area of a circle with a diameter of 10 micrometers – 270 micrometers although it can set according to the depth of the skin surface which should measure the concrete numeric value in making area of the apical surface of an internal electrode small in this invention, the electrode configuration of the electrode concerned, etc. Carrying out is desirable. Therefore, when the end face of an internal electrode is circular, as for the path, it is desirable to be referred to as 10 micrometers – 270 micrometers.

[0025] This becomes possible [ performing water measurement with a depth of less than 100 micrometers ] from the outermost layer of drum of the skin. It becomes possible by furthermore setting more preferably 1 micrometer – 100 micrometers of electric length to 5 micrometers – 25 micrometers to perform water measurement of a horny layer.

[0026] Moreover, as for spacing of the internal electrode and external electrode in the apical surface of an electrode, it is desirable to be referred to as 10 micrometers – 310 micrometers from the point of the consistency of the impedance of a coaxial cable and an electrode.

[0027] As construction material of an electrode, although there is especially no limit, its corrosion-resistant metal is desirable, for example, it can use gold, platinum, copper, etc.

[0028] Moreover, it is desirable to fill up between internal electrode 1a and external electrode 1b and the crevice formed in the point of internal electrode 1a as shown in drawing 3 (a) and (b) with insulating materials, such as Teflon resin and an epoxy resin. This becomes possible to measure a liquid sample as a standard sample, and adhesion of the unnecessary foreign matter to a crevice can be prevented.

[0029] There is especially no limit in the manufacture approach of the electrode of this invention.

[0030] As a coaxial cable linked to the electrode of this invention, when performing dielectric relaxation measurement of the TDR method etc. using the electrode of this invention, as long as it has the consistency of the above impedances, there is especially no limit and it can use a commercial thing. It is desirable to use a flexible cable from the point of the operability at the time of contacting an electrode to a test portion. Moreover, the measurement by the TDR method itself can be based on the well-known approach indicated by JP,2-110357,A etc.

[0031]

[Function] When performing water measurement of the skin by performing dielectric relaxation measurement of the TDR method etc., the electric merit of an electrode is equivalent to the depth, i.e., the measurement depth, of the signal which oozes out on the skin from an electrode. According to this invention, since the electric length of an electrode is set to 100 micrometers or less, the measurement depth can be made shallow. Furthermore, by setting up electrode length suitably by 100 micrometers or less, it becomes possible to perform water measurement of the skin surface of the depth of a request of less than 100 micrometers from a skin front face, and it also becomes possible to carry out water measurement of a horny layer.

[0032]

[Example] Hereafter, this invention is concretely explained based on an example.

[0033] As shown in examples 1–5, the example 1 of a comparison – 3 drawing 4, the electrode with which a point consists of internal electrode 1a, insulating material 1c, and external electrode 1b was produced in three sorts of configurations, A, B, and C. In this case, the area S1 of the radius (or width of face) L of the apical surface of internal electrode 1a and the apical surface of internal electrode 1a, the area S2 of the apical surface which doubled internal electrode 1a and insulating material 1c, and the bore D of the apical surface of an external electrode were made into the value shown in a table 1, respectively. Internal electrode 1a and external electrode 1b used the electrode raw material as copper, and it was filled up with Teflon between internal electrode 1a and external electrode 1b as insulating material 1c.

[0034] (Assessment)

(1) Dielectric relaxation measurement was performed as a standard sample using the acetone with which the measurement dielectric spectrum of the electric length of an electrode is already known,

and it asked for the electric merit of an electrode. That is, the head of an electrode is dipped in an acetone, a reflected wave is measured by the TDR method, using a step pulse as an excitation signal, an excitation signal and the measured reflected wave are used, and it is electric merit gammad. It considered as the parameter and the dielectric spectrum was computed from the formula (1). in this case, electric merit gammad Electric merit gammad when a dielectric spectrum is computed changing a value and the value of that computed dielectric spectrum is most in agreement with the known dielectric spectrum of an acetone Electric merit gammad of the electrode concerned \*\* -- it carried out. This result was shown in a table 1. Moreover, electric merit gammad obtained about the electrode of configurations A and B Related drawing with the radius L of an internal electrode was shown in drawing 8 .

[0035] (2) In order to investigate the measurement depth at the time of using each electrode for the water measurement of the skin by the measurement TDR method of the measurement depth of an electrode, various thickness of the water which is a surface was changed to the sample which consists of two-layer [ of water (surface)-Teflon (lower layer) ], and the dielectric constant in 100MHz was measured as follows.

[0036] First, as shown in drawing 5 , what stuck the Teflon tape (dielectric constant 2 of Teflon) 12 on the glass plate 11 was put into the water bath (dielectric constant 78 of water) 13, and the electrode 10 was set during the bath so that the Teflon tape 12 might be countered. Moreover, this water bath 13 was laid in Z stage 14, and attached the thickness gage 15 in Z stage 14. And by making Z stage 14 go up and down, the distance x of an electrode 10 and the Teflon tape 12 was changed, and the dielectric constant at that time was measured. In this case, as a measuring method of a dielectric constant, the TDR method which makes a step pulse an excitation signal was used.

[0037] In this way, the obtained dielectric constant was shown in drawing 6 about the example 3 of an experiment, and the examples 1-3 of a comparison. In addition, the dielectric constant rate of change of this drawing shows the value which standardized the dielectric constant of 0 and water for the dielectric constant of Teflon with 100. Moreover, in this drawing, drawing of the lower berth is an enlarged drawing of the range of L=-100-400micrometer of drawing of an upper case. Furthermore, the relation between  $-\ln(1 - \text{dielectric constant rate of change})$  and reading of a thickness gage was shown in drawing 7 about an example 3 and the examples 1-3 of a comparison. In addition, it means moving up, while, as for the field of a value negative in reading (namely, distance x of an electrode 10 and the Teflon tape 12) of a thickness gage, the electrode 10 had contacted the Teflon tape 12 in drawing 6 and drawing 7 .

[0038] the case where the electrode 10 is in contact with the Teflon tape 12 in measurement of such a dielectric constant -- the excitation signal from an electrode 10 -- oozing out -- since it is carried out only to the Teflon tape 12, the dielectric constant observed shows constant value as shown in drawing 6 . if the electrode 10 is separated from the Teflon tape 12 and both distance x is enlarged on the other hand -- the excitation signal from an electrode 10 -- oozing out -- since the both sides of water and the Teflon tape 12 are reached, the dielectric constant observed becomes large, and if distance x is enlarged further, a dielectric constant will approach the normalization value 100 of water gradually.

[0039] The fact that the plot shows straight-line relation in a field forward in distance x in drawing 7 here shows that the dielectric constant measured is changing exponentially to distance x. That is, it is [ dielectric constant / surface(water) ] epsilonobs about epsilon 2 and the dielectric constant observed in the dielectric constant of epsilon 1 and a lower layer (Teflon). Dielectric constant epsilonobs which will be observed if it carries out It turns out that it is expressed with a degree type (2).

[0040]

[Equation 2]

$$\epsilon_{\text{obs}} = \epsilon_1 - (\epsilon_1 - \epsilon_2) \exp(-x/d_0) \quad (2)$$

The inside of a formula, and do x is the inverse number of the slope of a line in a forward field in the plot of drawing 7 . In this way, do calculated The value was shown in a table 1. A table 1 to this do A value is above-mentioned gammad. It turns out that it is in agreement.

[0041] Then, it turns out that a formula (2) can be expressed as a degree type (3).

[0042]

[Equation 3]

$$\epsilon_{\text{obs}} = \epsilon_1 - (\epsilon_1 - \epsilon_2) \exp(-x/\gamma d) \quad (3)$$



therefore, dielectric constant epsilonobs observed \*\*\*\* -- electric length gammad of an electrode the information in the range forms 63% of weight -- therefore -- as the scale of the measurement depth of an electrode -- electric length gammad It turns out that using is appropriate.

[0043] Furthermore, it is electric length gammad making area of the apical surface of an internal electrode small from a table 1, or by narrowing spacing of an internal electrode and an external electrode. It turns out that it can be made small. Therefore, by making area of the apical surface of an internal electrode small shows that the measurement depth at the time of performing water measurement by the TDR method can be made shallow. Moreover, since the measurement depth can also be set to dozens of micrometers or less, it turns out that water measurement of skin surfaces, such as a horny layer, can be performed.

[0044]

[A table 1]

電極	内部電極	外部電極	内部電極	内部電極 +絶縁体	$\gamma d$	$d_o$	
形状	半径L ( $\mu m$ )	内径D ( $\mu m$ )	面積S1 ( $\mu m^2$ )	面積S2 ( $\mu m^2$ )	( $\mu m$ )	( $\mu m$ )	
実施例 1	A	80	526	$2.0 \times 10^4$	$2.2 \times 10^5$	60	—
実施例 2	A	25	164	$2.0 \times 10^3$	$2.1 \times 10^4$	15	18
実施例 3	B	51	334	$8.2 \times 10^3$	$8.8 \times 10^4$	40	36
実施例 4	C	50	1050	$4.2 \times 10^4$	$8.7 \times 10^5$	90	—
実施例 5	C	20	1050	$1.9 \times 10^4$	$8.7 \times 10^5$	80	—
比較例 1	A	455	3020	$6.5 \times 10^5$	$7.2 \times 10^6$	290	340
比較例 2	A	255	1670	$2.0 \times 10^5$	$2.2 \times 10^6$	170	180
比較例 3	A	160	1050	$8.0 \times 10^4$	$8.7 \times 10^5$	115	130

[0045]

[Effect of the Invention] If the electrode of this invention is used when measurement of dielectric relaxation, such as the TDR method, performs water measurement of a skin surface, it will become possible to perform water measurement of the desired depth within 100 micrometers from the outermost front face of the skin, and it will also become possible to perform water measurement of a horny layer.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view of the electrode of this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view of the electrode of this invention.

[Drawing 3] It is the perspective view of the internal electrode of the electrode of this invention.

[Drawing 4] It is the sectional view of the electrode of an example and the example of a comparison.

[Drawing 5] It is the explanatory view of the measuring method of the measurement depth of an electrode.

[Drawing 6] It is related drawing of reading of a thickness gage, and dielectric constant rate of change.

[Drawing 7] It is related drawing of reading of a thickness gage, and dielectric constant rate of change.

[Drawing 8] It is related drawing of the radius of an internal electrode, and electric merit.

[Drawing 9] It is the sectional view of the conventional electrode.

### [Description of Notations]

1 Electrode

1a Internal electrode

1b External electrode

1c Insulating material

2 Coaxial Cable

2a Inner conductor

2b Outer conductor

10, 10a-10e Electrode

11 Glass Plate

12 Teflon Tape

13 Water Bath

14 Z Stage

15 Thickness Gage

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

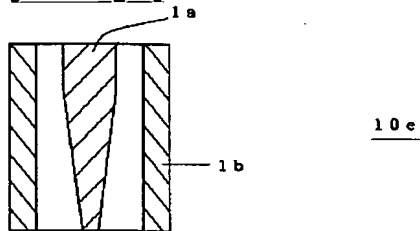
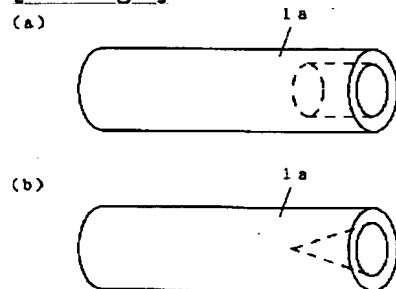
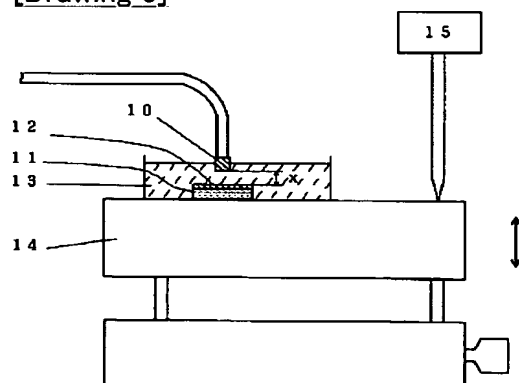
2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

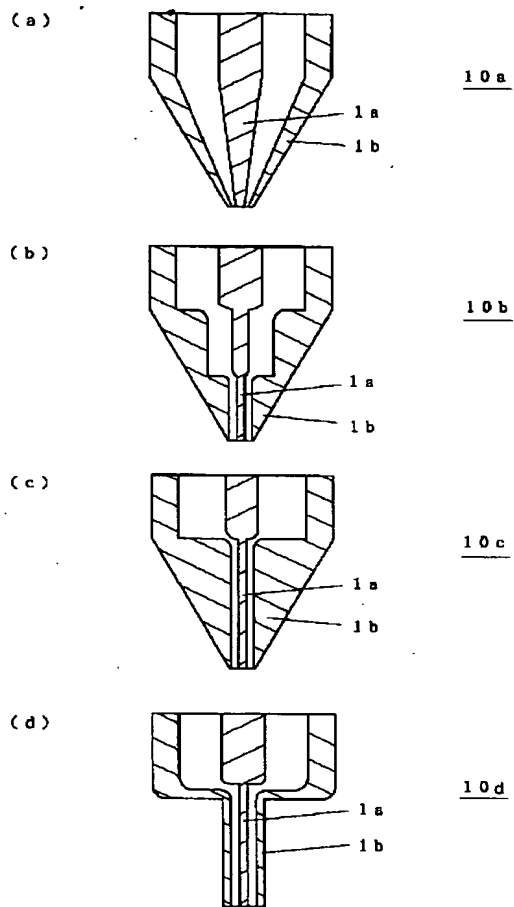
3.In the drawings, any words are not translated.

---

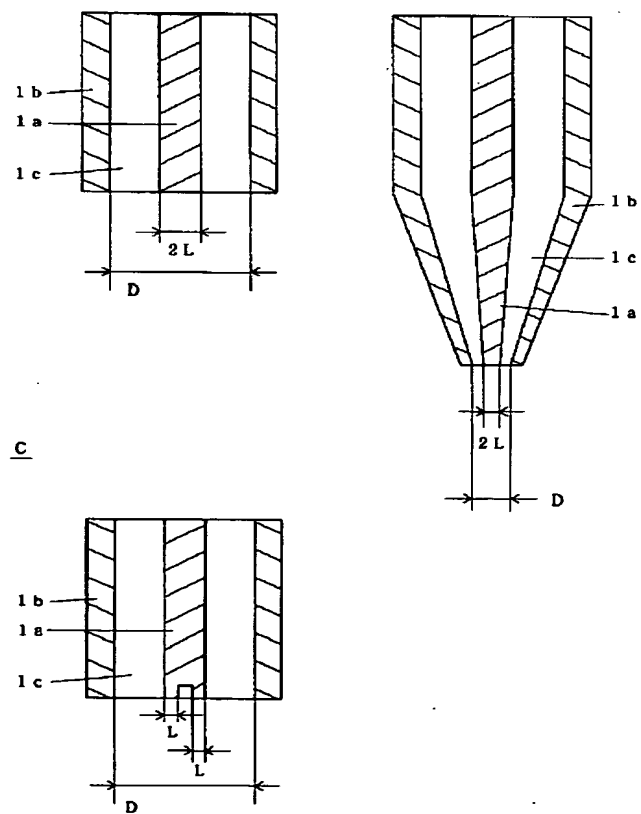
**DRAWINGS**

---

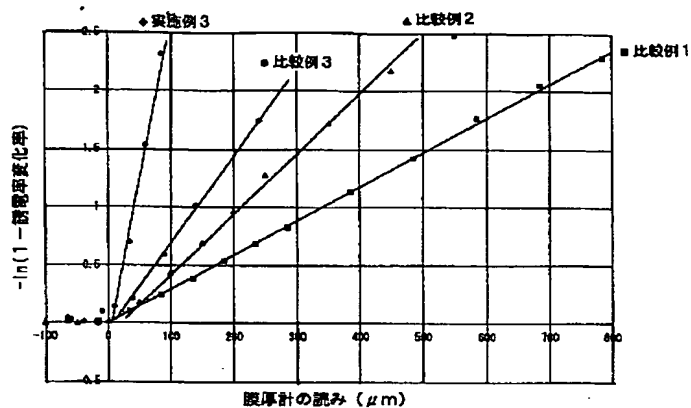
**[Drawing 2]****[Drawing 3]****[Drawing 5]****[Drawing 1]**



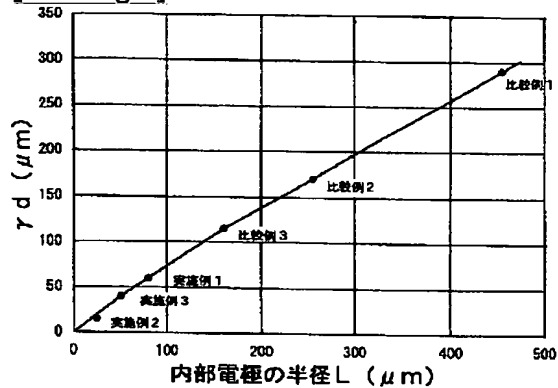
[Drawing 4]

AB

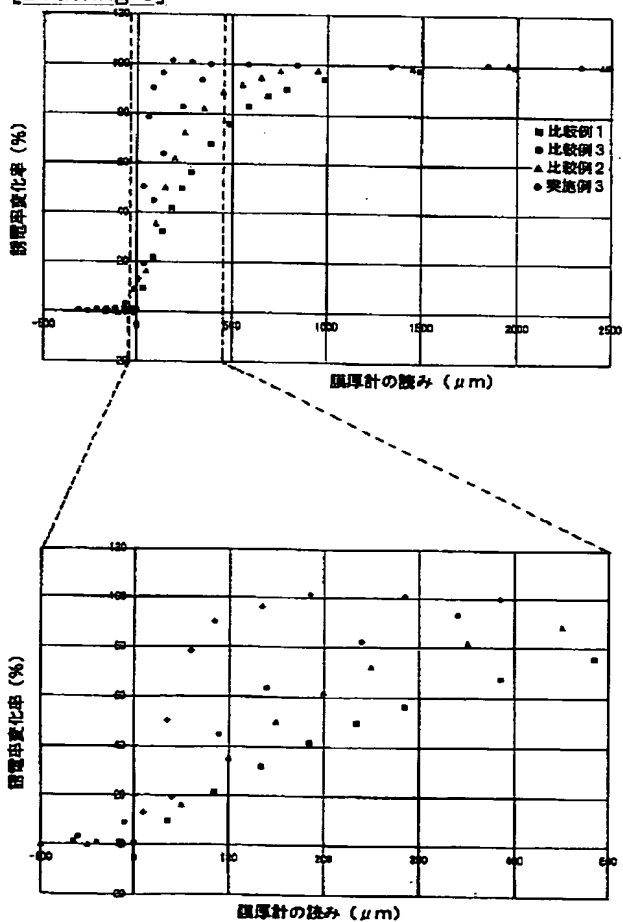
[Drawing 7]



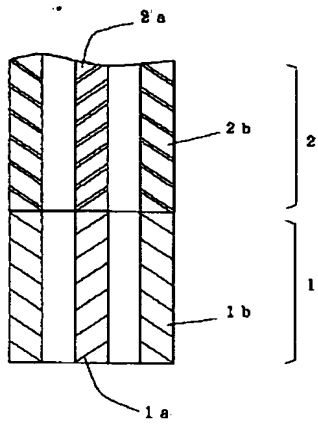
[Drawing 8]



[Drawing 6]



[Drawing 9]



---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-159990

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 6 月 21 日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 22/04	Z			
22/00	F			
27/00	Z			
G 0 1 R 1/067	J			

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 8 頁)

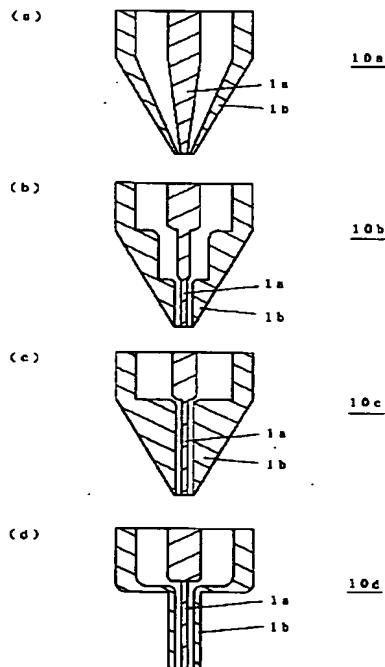
(21) 出願番号	特願平6-329607	(71) 出願人	000000918 花王株式会社 東京都中央区日本橋茅場町 1 丁目 14 番 10 号
(22) 出願日	平成 6 年 (1994) 12 月 3 日	(72) 発明者	内藤 智 栃木県河内郡上三川町上藩生 2166 花王上 三川社宅 1 棟 502
		(72) 発明者	星 正人 栃木県塩谷郡氏家町草川 68-6
		(72) 発明者	徳田 一 栃木県宇都宮市清原台 2 丁目 15-19
		(72) 発明者	真下 悟 神奈川県鎌倉市岡本 1241-4 A-608
		(74) 代理人	弁理士 田治米 登 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 誘電緩和測定用電極

(57) 【要約】

【目的】 時間領域反射法 (TDR 法) 等の誘電緩和測定法により皮膚表層の水分測定を行う場合に、皮膚の最外層から所望の深さの水分測定を行うことを可能とし、角質層の水分測定を行うことを可能とする。

【構成】 TDR 法等の誘電緩和測定法により皮膚表層の水分測定を行うための電極 10a~10e が、芯線状の内部電極 1a とその内部電極に絶縁体を介して同軸状に配した外部電極 1b からなり、その内部電極 1a の先端面と外部電極 1b の先端面が被測定試料に対する接触面となる場合において、電極の電気長を 100  $\mu$ m 以下とする。このためには、内部電極の先端面の面積を 5.7  $\times$  10<sup>4</sup>  $\mu$ m<sup>2</sup> 以下に小さくするか、内部電極と外部電極との間隔を 310  $\mu$ m 以下に挟めることが好ましい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 芯線状の内部電極と、その内部電極に絶縁体を介して同軸状に配された外部電極とからなり、内部電極の先端面と外部電極の先端面が被測定試料に対する接触面となる誘電緩和測定用電極であって、電極の電気長が $100\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする電極。

【請求項2】 電極の電気長が、 $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ である請求項1記載の誘電緩和測定用電極。

【請求項3】 内部電極の径が電極の先端部に向かって連続的又は段階的に細くなっている請求項1又は2記載の誘電緩和測定用電極。

【請求項4】 内部電極の先端面が円形であるか又は先端部に凹部が形成されることにより先端面が環状となっている請求項1～3のいずれかに記載の誘電緩和測定用電極。

【請求項5】 内部電極の先端面の面積が、 $78\mu\text{m}^2\sim 5.7\times 10^4\mu\text{m}^2$ である請求項4記載の誘電緩和測定用電極。

【請求項6】 内部電極の円形の先端面の直径が、 $10\mu\text{m}\sim 270\mu\text{m}$ である請求項4記載の誘電緩和測定用電極。

【請求項7】 先端面における内部電極と外部電極との間隔が $10\mu\text{m}\sim 310\mu\text{m}$ である請求項1～6のいずれかに記載の誘電緩和測定用電極。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、誘電緩和を測定するために使用する電極に関する。さらに詳しくは、皮膚表層中に存在する水分の量と水の状態とに関する情報を得ることを目的として皮膚表層の誘電緩和を測定する場合に有用な電極に関する。

## 【0002】

【従来の技術】皮膚表層の水分の測定は、皮膚自体の性質の評価や、皮膚に塗布する化粧品あるいは医薬品の評価等に有用である。

【0003】従来より、皮膚表層の水分の測定方法としては、一般に高周波インピーダンス法が用いられている。しかし、高周波インピーダンス法は、皮膚表層の水の挙動を直接的には観測していないため、皮膚表層の水分以外に測定値に影響を及ぼす因子が多く、再現性に問題がある。また、高周波インピーダンス法により得られる情報は、皮膚表面からどの程度の深さのものであるかがあいまいであるという問題もある。さらに、この方法では、自由水であるか結合水であるかという水の状態に関する情報を得ることもできない。

【0004】これに対して、皮膚表層に存在する水の誘電緩和を測定する方法が考えられる。誘電緩和の測定方法としては、周波数領域測定法と時間領域反射法（以下、TDR法(Time Domain Reflectometry method)と略する）とがあるが、近年、後者の測定技術及びその応用

の研究が積極的に進められている。

【0005】このTDR法は、試料に特定波形の励起信号（例えば、ステップパルス）を印加して反射波を観測し、その反射波の各周波数成分の位相と強度の変化から試料の複素誘電率を求め、それに基づいて試料の物性を知る方法である。この方法によれば、試料中の自由水や結合水を非破壊的にかつ定量的に測定することが可能となる。例えば、特開平2-110357号公報には、TDR法用の装置として、試料にステップパルスを励起信号として印加するものが提案されており、この装置を使用した生体の水分測定に関する応用例が記載されている（同公報第4頁上右欄10行～第7頁下右欄17行）。

【0006】図9は、特開平2-110357号公報のTDR法用の装置に使用されている電極（プローブ）1の断面図である。この電極1は、同軸状の内部電極1aと外部電極1bからなる。内部電極1aは同軸ケーブル2の内部導体2aに接続され、外部電極1bは同軸ケーブル2の外部導体2bに接続される。またこの内部電極1aと外部電極1bは、それぞれ同軸ケーブル2の内部導体2a、外部導体2bと同径となっており、それぞれの被測定試料と接する端面は平面となっている。これまでのところ、TDR法の測定に用いられる図9のような電極の大きさは、内部電極の径が $320\mu\text{m}$ 以上、外部電極の内径が $1.05\text{mm}$ 以上であり、その電気長は $115\mu\text{m}$ を超えるものとなっている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、皮膚には、その表面に厚さ $100\sim 300\mu\text{m}$ の表皮が存在し、その最外層が角質層（厚さ $10\sim 20\mu\text{m}$ ）と呼ばれている。また、表皮の下には真皮があり、さらにその下に皮下組織が存在する。このため化粧品や医薬品が皮膚表層の水分に及ぼす効果を調べるためには、皮膚の所望の深さの水分測定を行えるようにすることが好ましく、少なくとも最外層あるいは皮膚表面から $100\mu\text{m}$ 程度までの水分測定が行えるようにすることが必要となる。しかしながら、従来のTDR法の水分測定装置は、それを皮膚の水分測定に用いた場合に、皮膚のどの深さの水分を測定しているかを明らかにしていない。

【0008】そこで、本発明者は、図9に示したような電極を用いてTDR法を行った場合の測定深さを、後述する実施例に示した方法により推定した。その結果、内部電極の直径が $0.51\text{mm}$ 、外部電極の内径が $1.7\text{mm}$ の電極を用いた場合、電極の電気長とほぼ等しい、皮膚の最外層から約 $180\mu\text{m}$ という広範囲の深さの水分測定を行っていることがわかった。したがって、従来の方法では、化粧品や医薬品が皮膚表層の水分に及ぼす効果を十分に調べるできないということがわかった。

【0009】本発明は以上のような従来技術の課題を解決しようとするものであり、TDR法等の誘電緩和の測



3

定により皮膚表層の水分測定を行う場合に、皮膚の最外層から100μm以内の範囲の水分を測定できるようにし、さらには所望の深さの皮膚の水分を測定できるようにし、角質層の水分測定をできるようにすることを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、測定に使用する電極の先端部を小型化することにより、電極の電気長を100μm以下にできること、またこれにより内部電極と外部電極の間の電気力線が皮膚内を通過する深さを制御することができ、上記の目的が達成できることを見出し、本発明を完成させるに至った。

【0011】即ち、本発明は、芯線状の内部電極と、その内部電極に絶縁体を介して同軸状に配された外部電極からなり、内部電極の先端面と外部電極の先端面が被測定試料に対する接触面となる誘電緩和測定用電極であって、電極の電気長が100μm以下であることを特徴とする電極を提供する。

【0012】以下、本発明を図面に基いて詳細に説明\*

$$\varepsilon^*(\omega) = \frac{c}{j\omega \cdot \gamma d} \cdot \frac{V(\omega) - R(\omega)}{V(\omega) + R(\omega)} \cdot Z \cot Z \quad (1)$$

(式中、c=光速

j=虚数単位

$\gamma d$  = 電気長

$Z = \omega d \sqrt{\varepsilon^*(\omega)} / c$

d = 伝送路の幾何学長 である。)

この電気長 $\gamma d$ は、複素誘電率 $\varepsilon^*(\omega)$ が知られている公知の標準試料の反射波を測定することにより求めることができる。

【0016】また、電気長は、電極の形状と大きさによって定まる電極固有の物理量であり、測定方法には依存しない。したがって、周波数領域測定法あるいは時間領域反射法(TDR法)のいずれの誘電緩和の測定方法においても、電極の電気長は一定である。

【0017】一方、本発明者は、電気長が誘電緩和測定時の被測定試料の測定深さと密接な関係があり、電気長が測定深さの尺度となることを見出した。例えば、後述する実施例に示されているように、表層と下層の2層からなり、表層の厚みが、測定に使用する電極の電気長と等しい試料について誘電緩和を測定する場合、その電極で得られる全情報の63%( $1 - e^{-1}$ )が表層からの情報であり、86%が電気長の2倍までの測定深さからの情報である。

【0018】したがって、本発明の電極は、周波数領域測定法あるいは時間領域反射法のいずれの誘電緩和の測定方法においても、表面から深さ約100μmまでの表層の測定をするために有用なものとなる。

【0019】本発明において、電極の電気長を従来よりも短い100μm以下とするための具体的態様として

4

\*する。なお、各図中、同一符号は同一又は同等の構成要素を表している。

【0013】本発明は、皮膚表層中に存在する水分の量と水の状態とに関する情報を得ることを目的として、皮膚表面から深さ100μm程度までの皮膚表層の誘電緩和を測定する場合に有用な電極である。その構造は、基本的には図9に示した従来の電極と同様に、芯線状の内部電極と、その内部電極に絶縁体を介して同軸状に配された外部電極からなっているが、電極の電気長が100μm以下であることを特徴としている。

【0014】ここで、電極の電気長とは、同軸ケーブル等の伝送路の一端に複素誘電率 $\varepsilon^*(\omega)$ の負荷を設け、他端から角振動数 $\omega$ の電磁波 $V(\omega)$ を印加した場合の当該電磁波 $V(\omega)$ と、その反射波 $R(\omega)$ と、負荷の複素誘電率 $\varepsilon^*(\omega)$ との関係式である次式(1)において、パラメータ $\gamma d$ として含まれるものである。

【0015】

【数1】

は、例えば、(1) 内部電極が試料に接触する電極先端面の面積を小さくする、あるいは(2) 内部電極と外部電極との先端面における間隔を狭める等の態様をあげることができる。なお、外部電極は、その内径が内部電極との間隔に関与するが、それ以外の形状や大きさ等については任意とすることができる。

【0020】また、誘電緩和測定時に多重反射を極力防止し、測定を正確に行えるようにするためには、電極と当該電極と接続する同軸ケーブルとのインピーダンス、及び電極内のインピーダンスを一定とすることが好ましく、そのために、電極の任意の位置において、内部電極の径と外部電極の内径との比率を一定とすることが好ましい。そこで、(1)の内部電極の先端面の面積を小さくする場合の好ましい態様としては、例えば、図1(a)に示した電極10aのように、同軸ケーブルと接続する内部電極1a及び外部電極1bの断面積を先端部に向かって連続的に小さくしたものや、同図(b)に示した電極10b、同図(c)に示した電極10cあるいは同図(d)に示した電極10dなどのように、内部電極1a及び外部電極1bの断面積を先端部に向かって段階的に小さくしたもの等をあげることができる。

【0021】ただし、電極の先端面から10mm、特に1mm以内の電極先端部においてはインピーダンスの整

5

合性は考慮しなくても実際上問題はない。したがって、図 2 に示した電極 10e のように、本発明の電極としては、市販の同軸ケーブルの内部導体の先端部のみを加工することにより、内部電極 1a の先端部のみが先端面に向けて細くなるようにし、外部電極 1b の内径及び外径は一定としたものでもよい。

【0022】上述の本発明の電極の内部電極の先端面は円形であるが、本発明において、内部電極の先端部形状は円形に限られない。図 3 に示したように、市販の同軸ケーブルの内部導体の先端部のみを加工することにより、内部電極 1a に筒状凹部（同図（a））や円錐状凹部（同図（b））を形成し、先端面が環状となるようにし、それにより先端面の面積を小さくしてもよい。

【0023】また、本発明の電極としては、その電気長が  $100\mu\text{m}$  以下である限り、同軸ケーブルの内部導体に格別加工を施すことなく、直接使用することができる。このような同軸ケーブルとしては、内部導体の径が  $10\mu\text{m} \sim 270\mu\text{m}$  の細径のケーブルをあげることができる。細径の同軸ケーブルから本発明の電極を構成する場合、本発明の電極は、その電極よりも径の大きい通常の同軸ケーブルの先端に接続することができるコネクタ部を必要とする。この場合、コネクタ部としては、図 1 に示した電極と同様に、内部電極の径を連続的又は段階的に変化させるものを使用する。

【0024】本発明において、内部電極の先端面の面積を小さくするにあたり、その具体的数値は測定すべき皮膚表層の深さ、当該電極の電極形状等に応じて定めることができるが、一般には直径  $10\mu\text{m} \sim 270\mu\text{m}$  の円の面積に相当する  $78\mu\text{m}^2 \sim 5.7 \times 10^4\mu\text{m}^2$  とすることが好ましい。したがって、内部電極の端面が円形の場合、その径は  $10\mu\text{m} \sim 270\mu\text{m}$  とすることが好ましい。

【0025】これにより、皮膚の最外層から  $100\mu\text{m}$  以内の深さの水分測定を行うことが可能となる。さらに電気長を  $1\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 、より好ましくは  $5\mu\text{m} \sim 25\mu\text{m}$  とすることにより、角質層の水分測定を行うことが可能となる。

【0026】また、電極の先端面における内部電極と外部電極との間隔は、同軸ケーブルと電極とのインピーダンスの整合性の点から  $10\mu\text{m} \sim 310\mu\text{m}$  とすることが好ましい。

【0027】電極の材質としては特に制限はないが、耐蝕性の金属が好ましく、例えば、金、白金、銅等を使用することができる。

【0028】また、内部電極 1a と外部電極 1b との間、及び図 3（a）、（b）に示したように内部電極 1a の先端部に形成した凹部には、テフロン樹脂、エポキシ樹脂等の絶縁材を充填することが好ましい。これにより、標準試料として液体試料を測定することが可能となり、また凹部への不要な異物の付着を防止できる。

6

【0029】本発明の電極の製造方法には、特に制限はない。

【0030】本発明の電極を用いて TDR 法等の誘電緩和測定を行う場合に、本発明の電極に接続する同軸ケーブルとしては、上述のようなインピーダンスの整合性を有する限り特に制限はなく、市販のものを使用することができる。電極を測定試料に接触させる際の操作性の点からは、フレキシブルケーブルを使用することが好ましい。また、TDR 法による測定自体は、特開平 2-110357 号公報等に記載されている公知の方法によることができる。

【0031】

【作用】TDR 法等の誘電緩和測定を行うことにより皮膚の水分測定を行う場合に、電極の電気長は電極から皮膚にしみ出す信号の深さ、即ち測定深さに相当する。本発明によれば、電極の電気長を  $100\mu\text{m}$  以下とすることで、測定深さを浅くすることができる。さらに、 $100\mu\text{m}$  以下で電極長を適宜設定することにより、皮膚表面から  $100\mu\text{m}$  以内の所望の深さの皮膚表層の水分測定を行うことが可能となり、角質層の水分測定をすることも可能となる。

【0032】

【実施例】以下、本発明を実施例に基づいて具体的に説明する。

【0033】実施例 1～5、比較例 1～3

図 4 に示したように、先端部が内部電極 1a、絶縁材 1c 及び外部電極 1b からなる電極を、A、B、C の 3 種の形状に作製した。この場合、内部電極 1a の先端面の半径（あるいは幅）L、内部電極 1a の先端面の面積 S1、内部電極 1a と絶縁材 1c とを合わせた先端面の面積 S2、及び外部電極の先端面の内径 D は、それぞれ表 1 に示した値とした。電極素材は、内部電極 1a、外部電極 1b 共に銅とし、絶縁材 1c としては内部電極 1a と外部電極 1b との間にテフロンを充填した。

【0034】（評価）

(1) 電極の電気長の測定

誘電スペクトルが既に知られているアセトン標準試料として使用して誘電緩和測定を行い、電極の電気長を求めた。即ち、電極の先端をアセトンに浸し、励起信号としてステップパルスを用いて TDR 法で反射波を測定し、励起信号と測定された反射波とを用い、電気長  $y_d$  をパラメータとして、式（1）から誘電スペクトルを算出した。この場合、電気長  $y_d$  の値を変えながら誘電スペクトルを算出し、その算出した誘電スペクトルの値がアセトンの既知の誘電スペクトルと最も一致した場合の電気長  $y_d$  を当該電極の電気長  $y_d$  とした。この結果を表 1 に示した。また、形状 A、B の電極について、得られた電気長  $y_d$  と内部電極の半径 L との関係図を図 8 に示した。

【0035】(2) 電極の測定深さの測定

TDR法による皮膚の水分測定に各電極を使用した場合の測定深さを調べるために、水（表層）－テフロン（下層）の2層からなる試料に対して表層である水の厚みを種々変えて100MHzにおける誘電率を次のように測定した。

【0036】まず、図5に示したように、ガラス板11にテフロンテープ（テフロンの誘電率2）12を貼ったものを、水浴（水の誘電率78）13に入れ、そのテフロンテープ12に対向するように浴中に電極10をセットした。また、この水浴13はZステージ14に載置し、Zステージ14には膜厚計15を取り付けた。そして、Zステージ14を上下させることにより、電極10とテフロンテープ12との距離xを変化させ、そのときの誘電率を測定した。この場合、誘電率の測定方法としては、ステップパルスを励起信号とするTDR法を用いた。

【0037】こうして得られた誘電率を、実験例3及び比較例1～3について、図6に示した。なお、同図の誘電率変化率は、テフロンの誘電率を0、水の誘電率を100と規格化した値を示している。また、同図において

$$\epsilon_{obs} = \epsilon_1 - (\epsilon_1 - \epsilon_2) \exp(-x/d_0) \quad (2)$$

式中、 $d_0$  は、図7のプロットでxが正の領域における直線の傾きの逆数である。こうして求められる $d_0$ の値を表1に示した。表1から、この $d_0$ の値は、上述のyと一致することがわかる。

$$\epsilon_{obs} = \epsilon_1 - (\epsilon_1 - \epsilon_2) \exp(-x/d) \quad (3)$$

したがって、観察される誘電率 $\epsilon_{obs}$ には、電極の電気長ydの範囲における情報が63%の重みを占めていること、よって、電極の測定深さの尺度として、電気長ydを用いることが妥当であることがわかる。

【0043】さらに、表1から、内部電極の先端面の面積を小さくすることにより、あるいは内部電極と外部電極との間隔を狭めることにより電気長ydを小さくする

\*計の読み（即ち、電極10とテフロンテープ12との距離x）が負の値の領域は、電極10がテフロンテープ12に接触したまま上方に移動していることを表している。

【0038】このような誘電率の測定においては、電極10がテフロンテープ12に接している場合には、電極10からの励起信号の滲み出しはテフロンテープ12のみに行われるので、図6に示されているように、観測される誘電率は一定値を示す。一方、電極10をテフロンテープ12から離していき、両者の距離xを大きくしていくと、電極10からの励起信号の滲み出しは水とテフロンテープ12の双方に及ぶので、観測される誘電率は大きくなり、さらに距離xを大きくしていくと次第に誘電率は水の規格化値100に近づく。

【0039】ここで、図7において、距離xが正の領域において、プロットが直線関係を示していることから、測定される誘電率は距離xに対して指数関数的に変化していることがわかる。即ち、表層（水）の誘電率を $\epsilon_1$ 、下層（テフロン）の誘電率を $\epsilon_2$ 、観測される誘電率を $\epsilon_{obs}$ とすると、観測される誘電率 $\epsilon_{obs}$ は、次式（2）で表されることがわかる。

【0040】

【数2】

\*【0041】そこで、式（2）は次式（3）と表せることがわかる。

【0042】

【数3】

ことができることがわかる。よって、内部電極の先端面の面積を小さくすることにより、TDR法で水分測定を行った場合の測定深さを浅くできることがわかる。また、測定深さを数十 $\mu\text{m}$ 以下とすることもできるので、角質層等の皮膚表層の水分測定を行えることがわかる。

【0044】

【表1】

	電極	内部電極	外部電極	内部電極	内部電極 +絶縁体	$r_d$	$d_0$
	形状	半径L ( $\mu\text{m}$ )	内径D ( $\mu\text{m}$ )	面積S1 ( $\mu\text{m}^2$ )	面積S2 ( $\mu\text{m}^2$ )	( $\mu\text{m}$ )	( $\mu\text{m}$ )
実施例1	A	80	526	$2.0 \times 10^4$	$2.2 \times 10^5$	60	—
実施例2	A	25	164	$2.0 \times 10^3$	$2.1 \times 10^4$	15	18
実施例3	B	51	334	$8.2 \times 10^3$	$8.8 \times 10^4$	40	36
実施例4	C	50	1050	$4.2 \times 10^4$	$8.7 \times 10^5$	90	—
実施例5	C	20	1050	$1.9 \times 10^4$	$8.7 \times 10^5$	80	—
比較例1	A	455	3020	$6.5 \times 10^5$	$7.2 \times 10^6$	290	340
比較例2	A	255	1670	$2.0 \times 10^5$	$2.2 \times 10^6$	170	180
比較例3	A	160	1050	$8.0 \times 10^4$	$8.7 \times 10^5$	115	130

## 【0045】

【発明の効果】TDR法等の誘電緩和の測定により皮膚表層の水分測定を行う場合に、本発明の電極を用いると、皮膚の最外表面から100 $\mu\text{m}$ 以内で所望の深さの水分測定を行うことが可能となり、角質層の水分測定を行うことも可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電極の断面図である。

【図2】本発明の電極の断面図である。

【図3】本発明の電極の内部電極の斜視図である。

【図4】実施例及び比較例の電極の断面図である。

【図5】電極の測定深さの測定方法の説明図である。

【図6】膜厚計の読みと誘電率変化率との関係図である。

【図7】膜厚計の読みと誘電率変化率との関係図である。

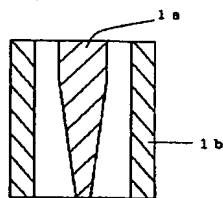
【図8】内部電極の半径と電気長との関係図である。

【図9】従来の電極の断面図である。

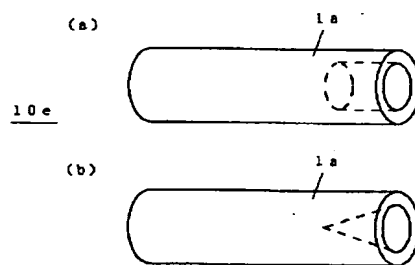
## 【符号の説明】

- 1 電極
- 1 a 内部電極
- 1 b 外部電極
- 1 c 絶縁材
- 2 同軸ケーブル
- 2 a 内部導体
- 2 b 外部導体
- 10、10 a～10 e 電極
- 11 ガラス板
- 12 テフロンテープ
- 13 水浴
- 14 Zステージ
- 15 膜厚計

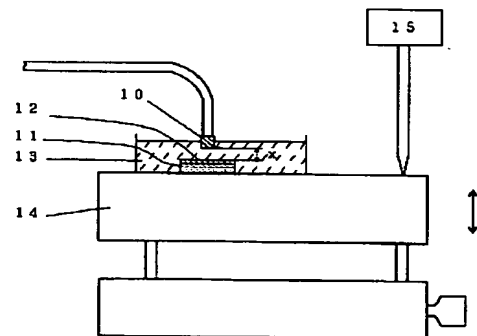
【図2】



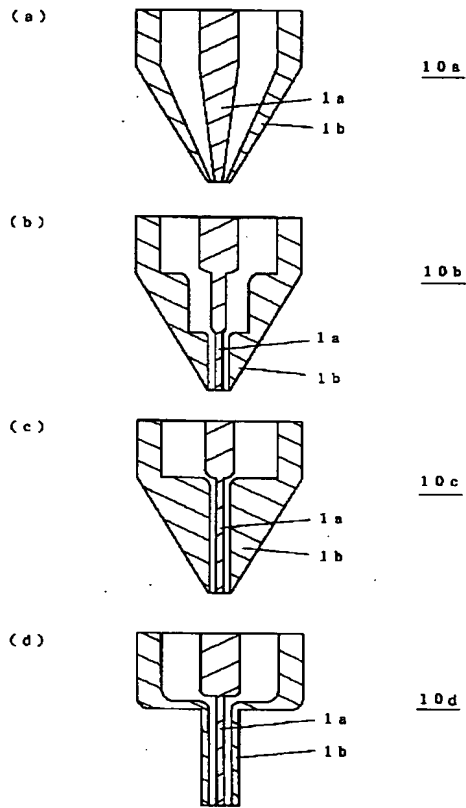
【図3】



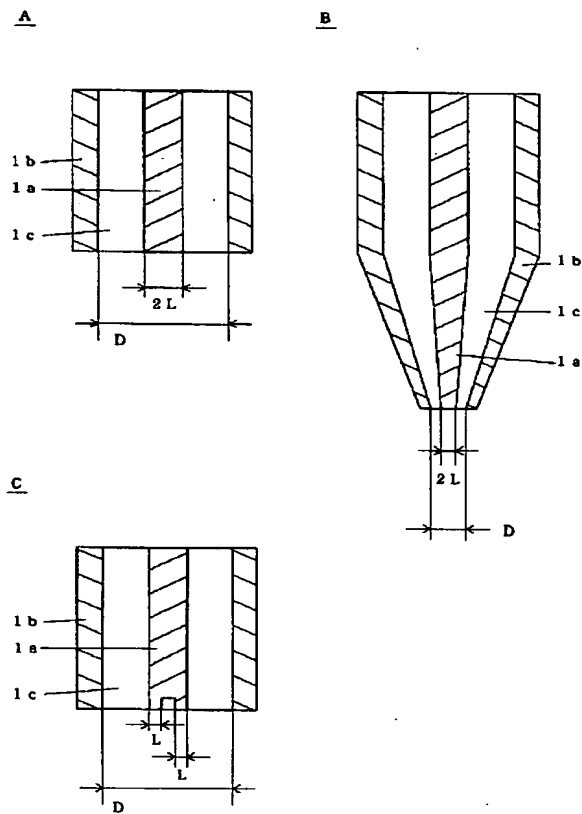
【図5】



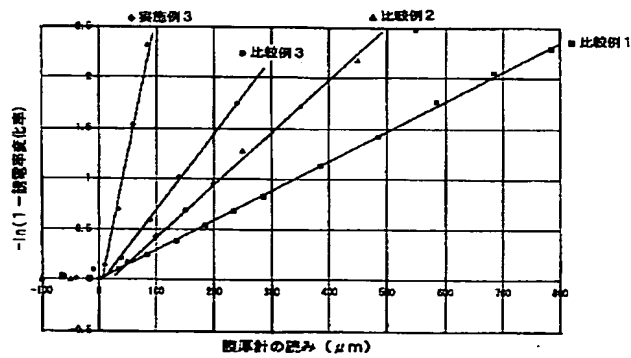
【図1】



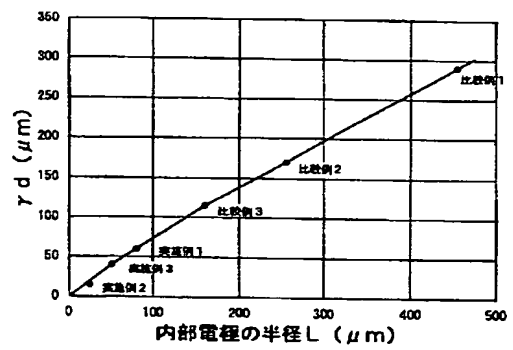
【図4】



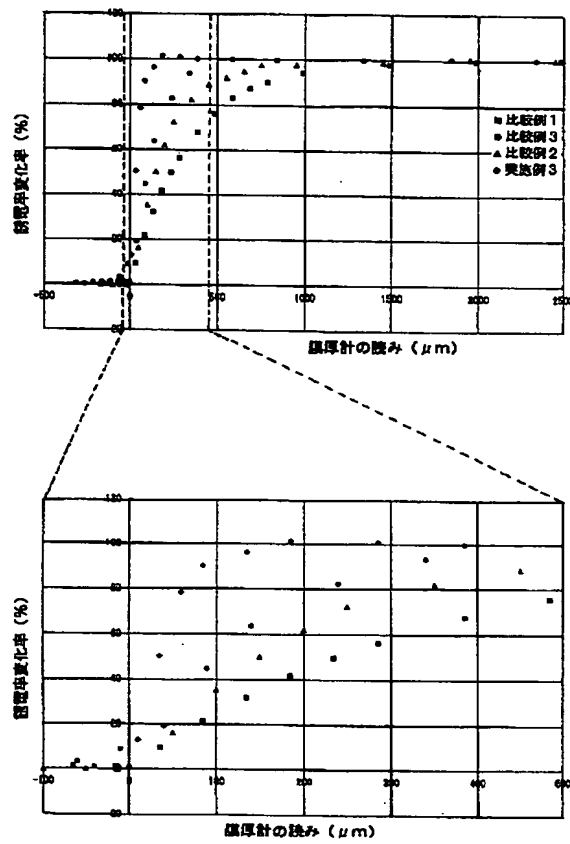
【図7】



【図8】



【図6】



【図9】

